

DOCKET NO.: 259207US2PCT

10/506690  
Rec'd PCT/PTO 20 SEP 2004

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

IN RE APPLICATION OF: Hiroaki KATO et al.

SERIAL NO.: NEW U.S. PCT APPLICATION

FILED: HERewith

INTERNATIONAL APPLICATION NO.: PCT/JP03/05071

INTERNATIONAL FILING DATE: April 21, 2003

FOR: METHOD FOR CONTROLLING MOTION OF VEHICLE AND MOTION CONTROLLER  
OF VEHICLE

**REQUEST FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119  
AND THE INTERNATIONAL CONVENTION**

Commissioner for Patents  
Alexandria, Virginia 22313

Sir:

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicant claims as priority:

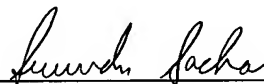
**COUNTRY**  
Japan

**APPLICATION NO**  
2002-126768

**DAY/MONTH/YEAR**  
26 April 2002

Certified copies of the corresponding Convention application(s) were submitted to the International Bureau in PCT Application No. PCT/JP03/05071. Receipt of the certified copy(s) by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.

Respectfully submitted,  
OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.



Marvin J. Spivak  
Attorney of Record  
Registration No. 24,913  
Surinder Sachar  
Registration No. 34,423

Customer Number

**22850**

(703) 413-3000  
Fax No. (703) 413-2220  
(OSMMN 08/03)

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

21.04.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 4月26日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-126768

[ST.10/C]:

[JP2002-126768]

出 願 人

Applicant(s):

豊田工機株式会社  
アイシン精機株式会社  
株式会社アドヴィックス  
株式会社豊田中央研究所

REC'D 13 JUN 2003

WIPO

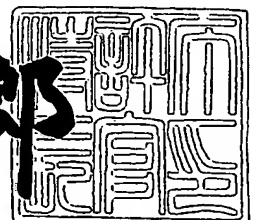
PCT

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 5月27日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3039422

【書類名】 特許願

【整理番号】 112155

【提出日】 平成14年 4月26日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 B62D 6/00

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地 豊田工機株式会社内

    【氏名】 加藤 博章

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地 豊田工機株式会社内

    【氏名】 樺山 峰一

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地 アイシン精機株式会社内

    【氏名】 安井 由行

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地 アイシン精機株式会社内

    【氏名】 田中 亘

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地 株式会社アドヴィックス内

    【氏名】 浅野 憲司

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地 株式会社アドヴィックス内

    【氏名】 井本 雄三

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株

式会社豊田中央研究所内

【氏名】 小野 英一

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道 4 1 番地の 1 株  
式会社豊田中央研究所内

【氏名】 村岸 裕治

【特許出願人】

【識別番号】 000003470

【住所又は居所】 愛知県刈谷市朝日町 1 丁目 1 番地

【氏名又は名称】 豊田工機株式会社

【特許出願人】

【識別番号】 000000011

【住所又は居所】 愛知県刈谷市朝日町 2 丁目 1 番地

【氏名又は名称】 アイシン精機株式会社

【特許出願人】

【識別番号】 301065892

【住所又は居所】 愛知県刈谷市朝日町 2 丁目 1 番地

【氏名又は名称】 株式会社アドヴィックス

【特許出願人】

【識別番号】 000003609

【住所又は居所】 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道 4 1 番地の 1

【氏名又は名称】 株式会社豊田中央研究所

【代理人】

【識別番号】 100095795

【住所又は居所】 名古屋市中区栄 1 丁目 2 2 番 6 号

【弁理士】

【氏名又は名称】 田下 明人

【選任した代理人】

【識別番号】 100098567

【住所又は居所】 名古屋市中区栄1丁目22番6号

【弁理士】

【氏名又は名称】 加藤 壯祐

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 054874

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9205099

【包括委任状番号】 9114445

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 車両の運動制御方法および車両の運動制御装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ハンドルと操舵輪とを連結する操舵伝達系の途中にモータの駆動により伝達比を可変する伝達比可変機構と、操舵トルクに基づいて操舵力を補うアシストモータと、を備えた車両の運動制御方法であって、

前記伝達比可変機構によるトルク伝達を表した運動方程式に基づいて、前記伝達比可変機構の出力軸に発生する操舵トルク、前記伝達比可変機構のモータにより発生するモータトルクおよび該モータの回転角を用い、前記ハンドルの操作により発生するハンドルトルクを求め、この求めたハンドルトルクを前記操舵トルクとして前記アシストモータを制御することを特徴とする車両の運動制御方法。

【請求項 2】 前記伝達比可変機構によるトルク伝達を表した運動方程式の構成項のうち、前記伝達比可変機構によるイナーシャ項および前記伝達比可変機構によるクーロン摩擦項の少なくとも 1 項を用いて前記ハンドルトルクを求めることを特徴とする請求項 1 記載の車両の運動制御方法。

【請求項 3】 ハンドルと操舵輪とを連結する操舵伝達系の途中にモータの駆動により伝達比を可変する伝達比可変機構と、操舵トルクに基づいて操舵力を補うアシストモータと、を備えた車両の運動制御装置であって、

前記伝達比可変機構によるトルク伝達を表した運動方程式に基づいて、前記伝達比可変機構の出力軸に発生する操舵トルク、前記伝達比可変機構のモータにより発生するモータトルクおよび該モータの回転角を用い、前記ハンドルの操作により発生するハンドルトルクを求めるハンドルトルク算出手段、を備え、

前記ハンドルトルク算出手段により求めたハンドルトルクを前記操舵トルクとして前記アシストモータを制御することを特徴とする車両の運動制御装置。

【請求項 4】 前記ハンドルトルク算出手段は、

前記伝達比可変機構によるトルク伝達を表した運動方程式の構成項のうち、前記伝達比可変機構のイナーシャ項および前記伝達比可変機構のクーロン摩擦項のうちの少なくとも 1 項を用いて前記ハンドルトルクを求めることを特徴とする請

求項 3 記載の車両の運動制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、車両の運動制御方法および車両の運動制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

ステアリングホイール（ハンドル）と操舵輪とを連結する操舵伝達系の途中にモータの駆動により伝達比を可変する伝達比可変機構を備えた車両の運動制御装置として、例えば図 1 に示すように、ステアリングホイール（ハンドル）21、第 1 ステアリングシャフト 22、第 2 ステアリングシャフト 23、EPS アクチュエータ 24、ロッド 25、操舵角センサ 26、車速センサ 27、トルクセンサ 28、EPS\_ECU 30、ギヤ比可変機構 32、VGRS\_ECU 40 等から構成される車両運動制御装置 100 がある。なお、このような「ステアリングホイールと操舵輪とを連結する操舵伝達系の途中に電動モータの駆動により伝達比を可変する伝達比可変機構」を、VGRS (Variable Gear Ratio System) と称する場合もある。

【0003】

即ち、ステアリングホイール 21 に第 1 ステアリングシャフト 22 の一端が接続され、この第 1 ステアリングシャフト 22 の他端側にはギヤ比可変機構 32 の入力側が接続される。このギヤ比可変機構 32 は、モータ、減速機等から構成されており、この出力側には第 2 ステアリングシャフト 23 の一端側が接続され、第 2 ステアリングシャフト 23 の他端側には、EPS アクチュエータ 24 の入力側が接続される。EPS アクチュエータ 24 は、電気式動力舵取装置であり、図示しないラック・ピニオンギヤ等により、第 2 ステアリングシャフト 23 によって入力された回転運動をロッド 25 の軸方向運動に変換して出力し得るとともに、EPS\_ECU 30 により制御されるアシストモータにより操舵状態に応じたアシスト力を発生させて運転者による操舵をアシストする。なお、第 1 ステアリングシャフト 22 の回転角（操舵角）は操舵角センサ 26 により検出されて操舵角信号

としてVGRS\_ECU 4 0に、また第2ステアリングシャフト 2 3による操舵トルクはトルクセンサ 2 8により検出されてトルク信号としてEPS制御処理 3 0 aに、さらに車両の速度は車速センサ 2 7により検出されて車速信号としてEPS\_ECU 3 0およびVGRS\_ECU 4 0に、それぞれ入力され得るように構成されている。また、ロッド 2 5には、図略の操舵輪が装着されている。

#### 【 0 0 0 4 】

このように構成することによって、ギヤ比可変機構 3 2およびVGRS\_ECU 4 0では、モータと減速機により、入力ギヤに対する出力ギヤの比を車速に応じてリアルタイムに変更し、第1ステアリングシャフト 2 2の操舵角に対する第2ステアリングシャフト 2 3の出力角の比を可変する。また、EPSアクチュエータ 2 4およびEPS\_ECU 3 0では、トルクセンサ 2 8および車速センサ 2 7により検出した運転者の操舵状態や車速に応じて、運転者の操舵をアシストするアシスト力をアシストモータにより発生させる。

#### 【 0 0 0 5 】

これにより、車速に対応したステアリングギヤ比、例えば停車時や低速走行時にはステアリングホイールの操舵角に対してギヤ比可変機構 3 2の出力角が大きくなるように設定し、また高速走行時にはステアリングホイールの操舵角に対してギヤ比可変機構 3 2の出力角が小さくなるように設定することが可能となる一方で、車速に対応した適切なアシスト力をアシストモータにより発生させることが可能となる。

#### 【 0 0 0 6 】

例えば、車両が停車や低速走行している場合には、ギヤ比可変機構 3 2によるステアリングギヤ比が小さく設定されるとともに、アシストモータによるアシスト力を高めるので、軽いステアリング操作でも操舵輪は大きく切れる。これにより運転者の操舵を楽にすることができる。一方、車両が高速走行している場合には、アシストモータによるアシスト力が低下し、ギヤ比可変機構 3 2によるステアリングギヤ比が大きく設定されるので、ステアリング操作が重くなるとともに、たとえステアリングが大きく切れても操舵輪は小さく切れるにとどまる。これにより車両制御の安定性のさらなる向上を期待することができる。



【0007】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、このような車両運動制御装置によると、操舵トルクを検出するトルクセンサ28は、ギヤ比可変機構32の出力軸である第2ステアリングシャフト23によるトルクを検出している。つまり、ステアリングホイール21とトルクセンサ28との間にギヤ比可変機構32が介在する。そのため、ステアリングホイール21によるハンドルトルクとトルクセンサ28により検出するトルクとは、必ずしも一致しないことから、トルクセンサ28により検出したトルクを操舵トルクとしてEPSアクチュエータ24の制御に用いると、運転者による操舵感覚と実操舵との間に生じ得る僅かな不一致から、操舵感覚に微妙な違和感を与え得るという問題がある。

【0008】

このような問題は、ギヤ比可変機構32の入力軸である第1ステアリングシャフト22にトルクセンサを設け、当該トルクセンサからのトルク信号をEPSアクチュエータ24の制御に用いることによって解決することはできる。ところが、当該トルクセンサを、第2ステアリングシャフト23のトルクセンサ28とは別に設ける必要があるため、部品点数の増加や製品コストの上昇を招くという新たな問題を生じる。

【0009】

本発明は、上述した課題を解決するためになされたものであり、その目的とするところは、部品点数を増加させることなく、車両の運動制御性を向上し得る車両の運動制御方法および車両の運動制御装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段および発明の作用・効果】

上記目的を達成するため、請求項1の車両の運動制御方法では、ハンドルと操舵輪とを連結する操舵伝達系の途中にモータの駆動により伝達比を可変する伝達比可変機構と、操舵トルクに基づいて操舵力を補うアシストモータと、を備えた車両の運動制御方法であって、前記伝達比可変機構によるトルク伝達を表した運動方程式に基づいて、前記伝達比可変機構の出力軸に発生する操舵トルク、前記

伝達比可変機構のモータにより発生するモータトルクおよび該モータの回転角を用い、前記ハンドルの操作により発生するハンドルトルクを求め、この求めたハンドルトルクを前記操舵トルクとして前記アシストモータを制御することを技術的特徴とする。

## 【 0 0 1 1 】

また、請求項 3 の車両の運動制御装置では、ハンドルと操舵輪とを連結する操舵伝達系の途中にモータの駆動により伝達比を可変する伝達比可変機構と、操舵トルクに基づいて操舵力を補うアシストモータと、を備えた車両の運動制御装置であって、前記伝達比可変機構によるトルク伝達を表した運動方程式に基づいて、前記伝達比可変機構の出力軸に発生する操舵トルク、前記伝達比可変機構のモータにより発生するモータトルクおよび該モータの回転角を用い、前記ハンドルの操作により発生するハンドルトルクを求めるハンドルトルク算出手段、を備え、前記ハンドルトルク算出手段により求めたハンドルトルクを前記操舵トルクとして前記アシストモータを制御することを技術的特徴とする。

## 【 0 0 1 2 】

請求項 1 および請求項 3 の発明によると、伝達比可変機構によるトルク伝達を表した運動方程式に基づいて、伝達比可変機構の出力軸に発生する操舵トルク、伝達比可変機構のモータにより発生するモータトルクおよび該モータの回転角を用い、ハンドルの操作により発生するハンドルトルクを求め、この求めたハンドルトルクを前記操舵トルクとして前記アシストモータを制御する。

## 【 0 0 1 3 】

例えば、当該運動方程式が次式(1)であれば、伝達比可変機構の出力軸に発生する操舵トルク  $T_p$ 、伝達比可変機構のモータにより発生するモータトルク  $T_{vm}$  および該モータの回転角  $\theta_{vm}$  を用いてハンドルトルク  $T_h$  を求めることができるから、新たにトルクセンサ等を追加することなく、ハンドルトルクを知ることができる。これにより、伝達比可変機構の出力軸に発生する操舵トルク  $T_p$  を既存のトルクセンサにより検出し、またモータトルク  $T_{vm}$  およびモータ回転角  $\theta_{vm}$  を該モータの制御に用いられる既存の回転角センサおよび電流センサによりそれぞれ検出すれば、ハンドルトルク  $T_h$  を制御コンピュータによる演算処理等により

求めることができる。したがって、部品点数を増加させることなく、車両の運動制御性を向上することができる。

## 【0014】

$$T_h - T_p + T_{vm} = J_{vm} \times d^2 \theta_{vm} / dt^2 + R_{vm} \times \text{sign}(d \theta_{vm} / dt) \quad \dots (1)$$

ここで、 $T_h$ はハンドルトルク ( $N \cdot m$ )、 $T_p$ は伝達比可変機構の出力軸に発生する操舵トルク ( $N \cdot m$ )、 $T_{vm}$ は伝達比可変機構のモータにより発生するモータトルク ( $N \cdot m$ )、 $J_{vm}$ は伝達比可変機構のモータイナーシャ ( $kg \cdot m^2$ )、 $\theta_{vm}$ は伝達比可変機構のモータ回転角 ( $rad$ )、 $R_{vm}$ は伝達比可変機構のクーロン摩擦抵抗 ( $N \cdot m / rad$ ) をそれぞれ表す。また式(1)中の  $d^2 \theta_{vm} / dt^2$  および  $d \theta_{vm} / dt$  の「 $d/dt$ 」は時間  $t$  による微分演算を表し、 $\text{sign}()$  は括弧内の符号を求める演算を表す。なお請求項1および請求項3では式(1)中の  $J_{vm}$  および  $R_{vm}$  は定数とする。

## 【0015】

さらに、請求項2の車両の運動制御方法では、請求項1において、前記伝達比可変機構によるトルク伝達を表した運動方程式の構成項のうち、前記伝達比可変機構によるイナーシャ項および前記伝達比可変機構によるクーロン摩擦項の少なくとも1項を用いて前記ハンドルトルクを求めることを技術的特徴とする。

## 【0016】

また、請求項4の車両の運動制御装置では、請求項3において、前記ハンドルトルク算出手段は、前記伝達比可変機構によるトルク伝達を表した運動方程式の構成項のうち、前記伝達比可変機構のイナーシャ項および前記伝達比可変機構のクーロン摩擦項のうちの少なくとも1項を用いて前記ハンドルトルクを求めることを技術的特徴とする。

## 【0017】

請求項2および請求項4の発明によると、伝達比可変機構によるトルク伝達を表した運動方程式の構成項のうち、伝達比可変機構のイナーシャ項および伝達比可変機構のクーロン摩擦項のうちの少なくとも1項を用いてハンドルトルクを求める。例えば、当該運動方程式が上式(1)の場合、式(1)の右辺第1項である伝達比可変機構のイナーシャ項 ( $J_{vm}$  の項) および式(1)の右辺第2項である伝達

比可変機構のケーロン摩擦項（ $R_{vm}$ の項）のうちの少なくとも1項を用いてハンドルトルクを求めることから、請求項1および請求項3では定数に設定していた $J_{vm}$ および $R_{vm}$ のうちの少なくとも1項に測定値や設計値を用いてハンドルトルクを求める。これにより、ハンドルトルク $T_h$ を求める演算処理等の演算精度を向上することができる。したがって、部品点数を増加させることなく、車両の運動制御性をさらに向上することができる。

【0018】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の車両の運動制御方法および車両の運動制御装置を適用した車両運動制御装置の実施形態について図を参照して説明する。なお、本実施形態に係る車両運動制御装置20は、前述した車両運動制御装置100と機械的構成に変わるところがないので、図1に示す車両運動制御装置20（100）を参照して説明する。

【0019】

図1に示すように、車両運動制御装置20は、ステアリングホイール21、第1ステアリングシャフト22、第2ステアリングシャフト23、EPSアクチュエータ24、ロッド25、操舵角センサ26、車速センサ27、トルクセンサ28、EPS\_ECU 30、ギヤ比可変機構32、VGRS\_ECU 40等から構成され、その機械的、電気的な結合関係は前述したとおりであるから、ここではこれらの説明を省略し、主に本発明に係る特徴的なところを図2に基づいて説明する。なお、図2には、本実施形態に係る車両運動制御装置20のEPS\_ECU 30およびVGRS\_ECU 40による車両運動制御処理を表した機能ブロック図が示されている。

【0020】

図2に示すように、本実施形態に係る車両運動制御装置20では、EPS\_ECU 30によるEPS制御処理30aとVGRS\_ECU 40によるVGRS制御処理40aとの2つの処理がそれぞれのECU（Electronic Control Unit）によって行われている。つまり、前述したように車両運動制御装置20は、VGRS\_ECU 40によるVGRS制御処理40aによってギヤ比可変機構32によりステアリングギヤ比を車両の速度に応じて可変制御する機能を有するとともに、EPS\_ECU 30による

EPS制御処理30aによって操舵状態に応じたアシスト力を発生させて運転者による操舵をアシストする機能を有する。

#### 【0021】

そのため、VGRS制御処理40aでは、操舵角センサ26による操舵角信号 $\theta_h$ と車速センサ27による車速信号VとがVGRS\_ECU40に入力されることにより、車速に対応して一義的に定められるギヤ比可変機構32のモータ32mの回転角を図略のモータ回転角マップから決定する処理を行い、決定した回転角指令値に応じたモータ電圧をモータ駆動回路によりモータ32mに供給する。これにより、ギヤ比可変機構32およびVGRS\_ECU40では、モータ32mと減速機32gによって、入力ギヤに対する出力ギヤの比を車速に応じてリアルタイムに変更し、第1ステアリングシャフト22の操舵角に対する第2ステアリングシャフト23の出力角の比 $G_v$ を可変している。

#### 【0022】

また、EPS制御処理30aでは、トルクセンサ28による操舵トルク信号 $T_p$ と車速センサ27による車速信号VとがEPS\_ECU30に入力されることにより、車速に対応して一義的に定められるEPSアクチュエータ24のアシストモータ24mの電流指令値を図略のモータ電流マップから決定する処理を行い、決定した電流指令値に応じたモータ電圧をモータ駆動回路によりモータ32mに供給する。これにより、EPSアクチュエータ24およびEPS\_ECU30では、EPS制御処理30aにより、トルクセンサ28および車速センサ27により検出した運転者の操舵状態や車速に応じて、運転者の操舵をアシストするアシスト力をアシストモータ24mにより発生させている。

#### 【0023】

このようにEPS\_ECU30によるEPS制御処理30aおよびVGRS\_ECU40によるVGRS制御処理40aのそれぞれ機能概要は、前述した車両運動制御装置100による車両運動制御処理と基本的に同じではあるが、本実施形態に係る車両運動制御装置20では、トルクセンサ28により検出される操舵トルク $T_p$ をEPS\_ECU30により演算処理されるEPS制御処理30aに直接入力することなく、ハンドルトルク演算処理30bを介して入力している点が、従来の車両運動制

御装置100と異なる。

【0024】

即ち、図1に示すように、車両運動制御装置20は、ステアリングホイール21とトルクセンサ28との間にギヤ比可変機構32が介在する構成を採るため、ステアリングホイール21によるハンドルトルク $T_h$ とトルクセンサ28により検出するトルクとは、必ずしも一致しない。そのため、[発明が解決しようとする課題]のところで説明したように、トルクセンサ28により検出したトルクを操舵トルク $T_p$ としてEPSアクチュエータ24の制御に用いると、運転者による操舵感覚と実操舵との間に生じ得る僅かな不一致から、操舵感覚に微妙な違和感を与え得るという問題がある。

【0025】

そこで、本願発明者らは、ギヤ比可変機構32によるトルク伝達を次式(2)に示すような運動方程式に表すことにより、当該運動方程式(式(2))に基づいてハンドルトルク $T_h$ をEPS\_ECU 30による演算処理により算出し、算出したハンドルトルク $T_h$ をEPSアクチュエータ24の制御に用いることとした。なお、ギヤ比可変機構32のモータ32mによるモータトルク $T_{vm}$ は、式(3)により算出する。

【0026】

$$(T_h - T_p) / G_v + T_{vm} = J_{vm} \times d^2 \theta_{vm} / dt^2 + R_{vm} \times \text{sign}(d \theta_{vm} / dt) \quad \dots (2)$$

$$T_{vm} = K_{vt} \times I_{vm} \quad \dots (3)$$

【0027】

ここで、 $T_h$ はハンドルトルク(N・m)、 $T_p$ はギヤ比可変機構32の出力軸である第2ステアリングシャフト23に発生する操舵トルク(N・m)、 $G_v$ はギヤ比可変機構32のギヤ比(無単位数)、 $T_{vm}$ はモータ32mにより発生するモータトルク(N・m)、 $J_{vm}$ はギヤ比可変機構32のモータイナーシャ(kg・m<sup>2</sup>)、 $\theta_{vm}$ はモータ32mのモータ回転角(rad)、 $R_{vm}$ はギヤ比可変機構32のクーロン摩擦抵抗(N・m/rad/sec)、 $K_{vt}$ はモータ32mのモータトルク定数(N・m/A)、 $I_{vm}$ はモータ32mのモータ電流(A)をそれぞれ表

す。また、式(1)中の $d^2\theta_{vm}/dt^2$ および $d\theta_{vm}/dt$ の「 $d/dt$ 」は時間 $t$ による微分演算を表し、 $\text{sign}()$ は括弧内の符号を求める演算を表す。

## 【0028】

具体的には、操舵トルク $T_p$ はトルクセンサ28により検出し、モータ32mのモータ電流 $I_{vm}$ およびモータ回転角 $\theta_{vm}$ は、モータ32mの駆動制御に通常使用している電流センサ32iおよび回転角センサ32sにより、それぞれ検出する。なお、上式(2)の右辺第1項であるイナーシャ項はモータイナーシャ $J_{vm}$ を、また同第2項であるクーロン摩擦項はクーロン摩擦抵抗 $R_{vm}$ を、それぞれ測定値あるいはギヤ比可変機構32の設計値により与えることによって必要に応じ適宜設定する。またモータ32mのモータトルク定数 $K_{vt}$ もモータ32mの測定値あるいは設計値により設定する。

## 【0029】

これにより、モータ32mにより発生するモータトルク $T_{vm}$ を上式(3)により、またハンドルトルク $T_h$ を上式(2)による演算により、それぞれ算出することができるので、本実施形態では図3に示すハンドルトルク演算処理30bをEPS\_ECU 30により実行することによって、ハンドルトルク $T_h$ を求めることにした。なお、このハンドルトルク演算処理30bは、所定のタイマ割り込み処理等により定期的（例えば5ミリ秒ごと）に繰り返し実行されるものである。

## 【0030】

即ち、図3に示すように、ハンドルトルク演算処理30bでは、所定の初期化処理の後、まずステップS101により、操舵トルク $T_p$ 、モータ電流 $I_{vm}$ 、モータ回転角 $\theta_{vm}$ およびギヤ比 $G_v$ のデータを読み込む処理が行われる。操舵トルク $T_p$ はトルクセンサ28により、モータ電流 $I_{vm}$ は電流センサ32iにより、モータ回転角 $\theta_{vm}$ は回転角センサ32sにより、それぞれ検出されてEPS\_ECU 30に入力されるので、それを適当な割り込み処理等により取り込むことによってこれらのデータ読み込みが行われる。またギヤ比可変機構32のギヤ比 $G_v$ は、VGRS\_ECU 40によるVGRS制御処理40aから受け取ることによってデータ読み込みが行われる。

## 【0031】

次のステップ S 1 0 3 では、ギヤ比可変機構 3 2 のモータ 3 2 m によるモータトルク  $T_{vm}$  の算出処理が行われる。この処理は、前述した式 (3) に基づいて演算処理されるもので、予め設定されているモータトルク定数  $K_{vt}$  とステップ S 1 0 1 により読み込んだモータ電流  $I_{vm}$  のデータとを乗算することによって、モータトルク  $T_{vm}$  を算出する。

## 【 0 0 3 2 】

続くステップ S 1 0 5 では、モータ回転角  $\theta_{vm}$  を時間  $t$  により微分演算する処理 ( $d\theta_{vm}/dt$ ) と、その結果をさらに時間  $t$  により微分演算する処理 ( $d^2\theta_{vm}/dt^2$ )、即ち前述した式 (2) 中の  $d\theta_{vm}/dt$  と  $d^2\theta_{vm}/dt^2$  とを演算する処理が行われる。具体的には、 $d\theta_{vm}/dt$  は、次式 (4) に示すように、今回の  $\theta_{vm}$  から前回値である  $\theta_{vm}'$  を減算した値を前回から今回までの時間  $\Delta t$  で除算することによって算出し、また  $d^2\theta_{vm}/dt^2$  は、次式 (5) に示すように、今回の  $d\theta_{vm}/dt$  から前回値である ( $d\theta_{vm}/dt$ )' を減算した値を前回から今回までの時間  $\Delta t$  で除算することによって算出する。

## 【 0 0 3 3 】

$$d\theta_{vm}/dt = (\theta_{vm} - \theta_{vm}') / \Delta t \quad \dots (4)$$

$$d^2\theta_{vm}/dt^2 = (d\theta_{vm}/dt - (d\theta_{vm}/dt)') / \Delta t \quad \dots (5)$$

## 【 0 0 3 4 】

ステップ S 1 0 7 では、ステップ S 1 0 5 により演算した ( $d\theta_{vm}/dt$ ) が 0 (零) 以上であるか否かを判断することにより、( $d\theta_{vm}/dt$ ) の符号を求める処理、つまり前述した式 (2) 中の  $\text{sign}(d\theta_{vm}/dt)$  を演算する処理が行われる。

## 【 0 0 3 5 】

即ち、ギヤ比可変機構 3 2 のモータイナーシャ  $J_{vm}$  およびギヤ比可変機構 3 2 のクーロン摩擦抵抗  $R_{vm}$  を設計値等から設定することによって、前述した式 (2) からハンドトルク  $T_h$  を求めるために必要なパラメータが全て揃うので、( $d\theta_{vm}/dt$ ) の符号に応じた演算式 (6)、(7) をステップ S 1 0 7 により選択することによって、続くステップ S 1 0 9、S 1 1 1 に処理を移行してハンドトルク  $T_h$  を求める演算処理を行う。

## 【 0 0 3 6 】



ステップ S 1 0 7 による判断処理により  $(d\theta_{vm}/dt)$  が 0 (零) 以上であると判断されれば (S 1 0 7 で Y e s)、 $(d\theta_{vm}/dt)$  の符号は正 (+) であるから、ステップ S 1 0 9 によりギヤ比可変機構 3 2 のクーロン摩擦抵抗  $R_{vm}$  を加算する次式 (6) によりハンドルトルク  $T_h$  を算出する。一方、ステップ S 1 0 7 による判断処理により  $(d\theta_{vm}/dt)$  が 0 (零) 以上であると判断されなければ (S 1 0 7 で N o)、 $(d\theta_{vm}/dt)$  の符号は負 (-) であるから、ステップ S 1 0 9 によりギヤ比可変機構 3 2 のクーロン摩擦抵抗  $R_{vm}$  を減算する次式 (7) によりハンドルトルク  $T_h$  を算出する。なお、この式 (6)、(7) は、ハンドルトルク  $T_h$  を算出するために、前述した (2) を変形したものである。

【 0 0 3 7 】

$$T_h = G_v \times (J_{vm} \times d^2 \theta_{vm} / dt^2 + R_{vm} - T_{vm}) + T_p \quad \dots (6)$$

$$T_h = G_v \times (J_{vm} \times d^2 \theta_{vm} / dt^2 - R_{vm} - T_{vm}) + T_p \quad \dots (7)$$

【 0 0 3 8 】

ステップ S 1 0 9 またはステップ S 1 1 1 により、ハンドルトルク  $T_h$  が算出されると、この算出結果を EPS 制御処理 3 0 a に転送するとともに、次回の本ハンドルトルク演算処理 3 0 b に備えて、今回算出した  $\theta_{vm}$  を  $\theta_{vm}'$  として、また  $d\theta_{vm}/dt$  を  $(d\theta_{vm}/dt)'$  として、EPS\_ECU 3 0 の所定の記憶領域にそれぞれ記憶 (格納) する処理が行われ、一連の本ハンドルトルク演算処理 3 0 b が終了する。

【 0 0 3 9 】

以上説明したように、本実施形態に係る車両運動制御装置 2 0 によると、ギヤ比可変機構 3 2 によるトルク伝達を表した上述の運動方程式 (式 (2)) に基づいて、ギヤ比可変機構 3 2 の出力軸である第 2 ステアリングシャフト 2 3 に発生する操舵トルク  $T_p$ 、ギヤ比可変機構 3 2 のモータ 3 2 m により発生するモータトルク  $T_{vm}$  およびモータ 3 2 m の回転角  $\theta_{vm}$  を用い、ステアリングホイール 2 1 の操作により発生するハンドルトルク  $T_h$  を EPS\_ECU 3 0 によるハンドルトルク演算処理 3 0 b により求める。

【 0 0 4 0 】

これにより、車両運動制御装置 2 0 が、ステアリングホイール 2 1 とトルクセ

ンサ 2 8 との間にギヤ比可変機構 3 2 が介在する構成を採っても、新たにトルクセンサ等を追加することなく、ギヤ比可変機構 3 2 を介する前のステアリングホイール 2 1 によるハンドルトルク  $T_h$  を知ることができるので、このハンドルトルク  $T_h$  を EPS 制御処理 3 0 a に用いることにより、運転者による操舵感覚と一致した実操舵の制御をすることができる。したがって、部品点数を増加させることなく、車両の運動制御性を向上することができ、ひいては操舵感覚の微妙な違和感を解消することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図 1】

車両運動制御装置の構成概要を示す説明図である。

##### 【図 2】

本実施形態に係る車両運動制御装置の EPS\_ECU および VGRS\_ECU による車両運動制御処理を表した機能ブロック図である。

##### 【図 3】

本実施形態に係る車両運動制御装置の EPS\_ECU によるハンドルトルク演算処理の流れを示すフローチャートである。

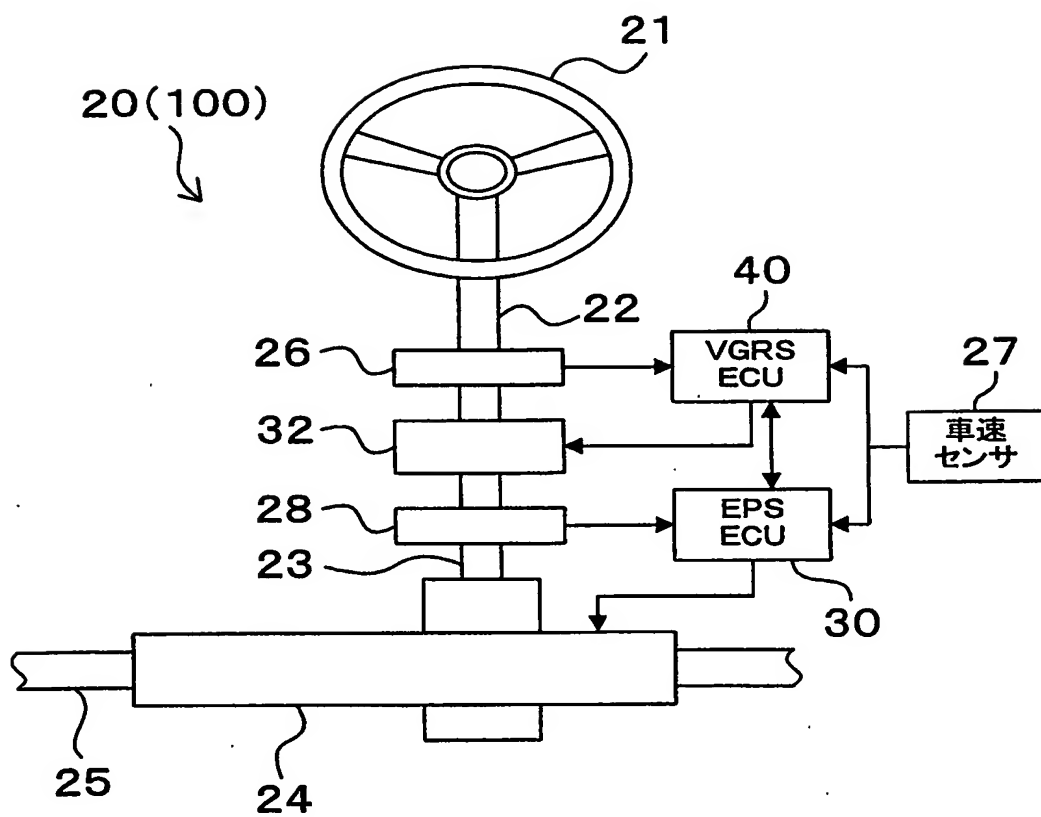
#### 【符号の説明】

2 0	車両運動制御装置	(車両の運動制御装置)
2 1	ステアリングホイール	(ハンドル)
2 2	第 1 ステアリングシャフト	(操舵伝達系)
2 3	第 2 ステアリングシャフト	(操舵伝達系、出力軸)
2 4	EPS アクチュエータ	(操舵伝達系)
2 4 m	アシストモータ	
2 4 s	回転角センサ	
2 5	ロッド	(操舵伝達系)
2 8	トルクセンサ	
3 0	EPS_ECU	(ハンドルトルク算出手段)
3 0 a	EPS 制御処理	
3 0 b	ハンドルトルク演算処理	(ハンドルトルク算出手段)

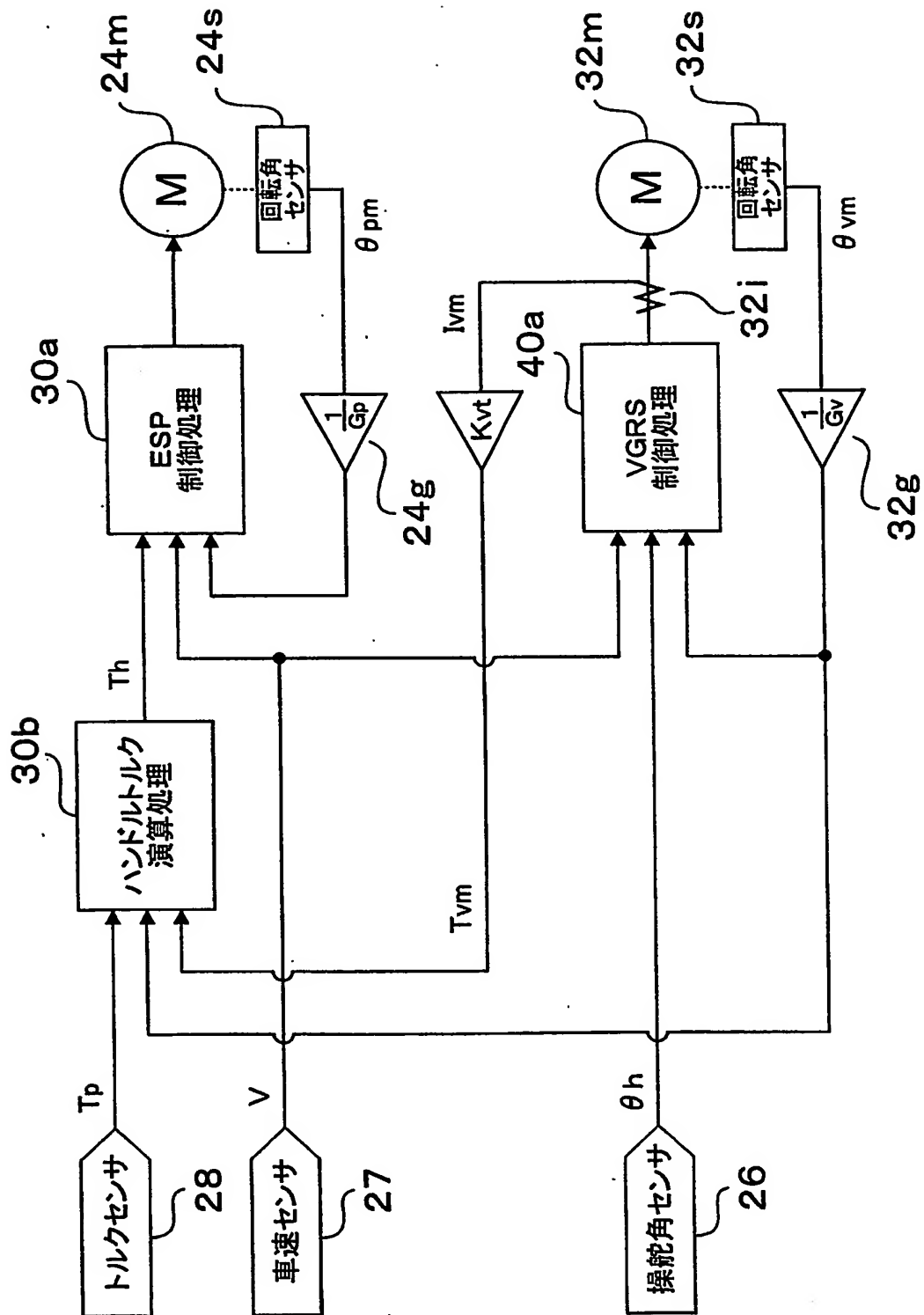
3 2	ギヤ比可変機構	(伝達比可変機構)
3 2 g	減速機	
3 2 i	電流センサ	
3 2 m	モータ	
3 2 s	回転角センサ	
4 0	VGRS_ECU	
4 0 a	V G R S 制御処理	

【書類名】 図面

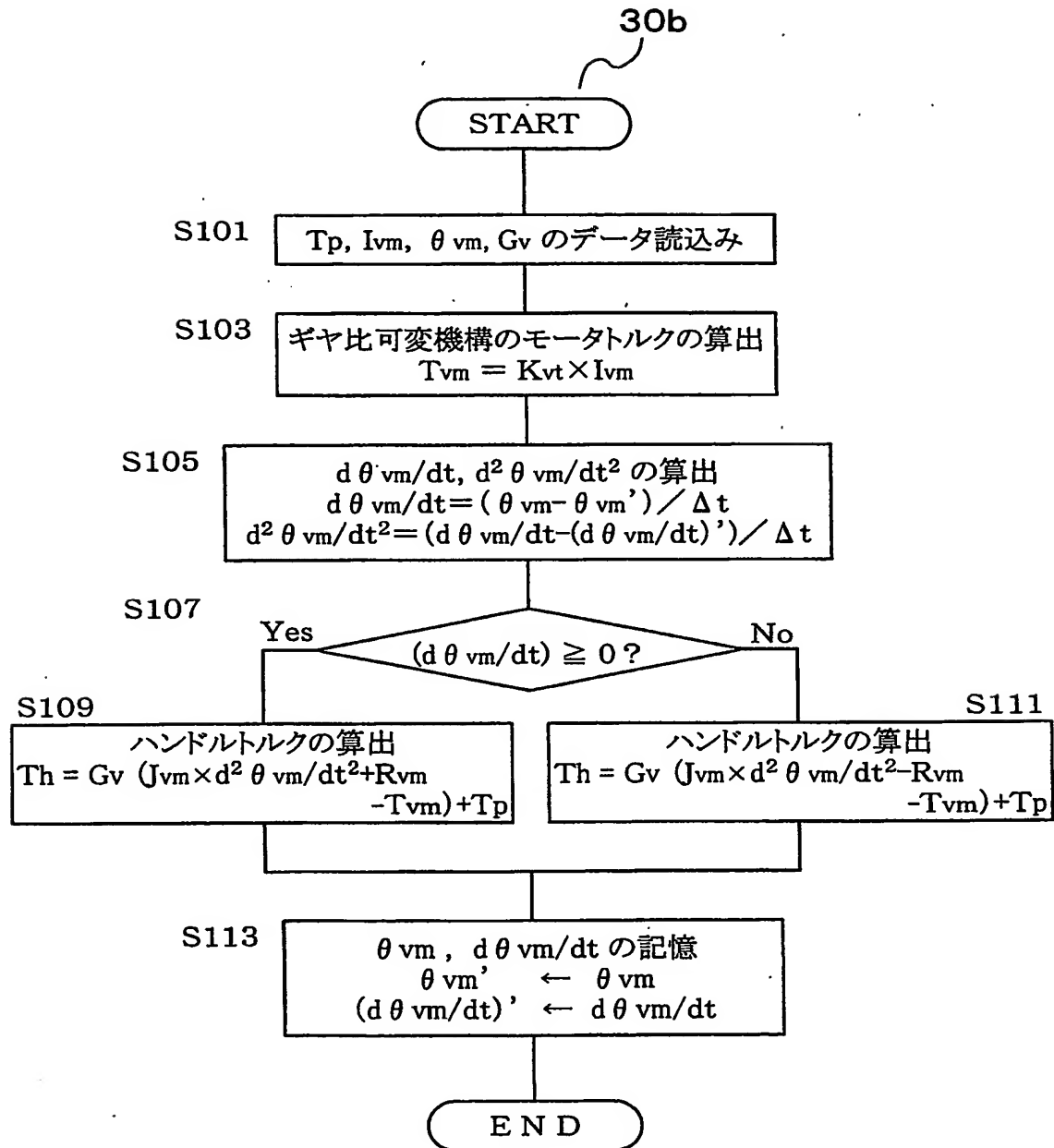
【図 1】



【図2】



【図 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 部品点数を増加させることなく、車両の運動制御性を向上し得る車両の運動制御方法および車両の運動制御装置を提供する。

【解決手段】 車両運動制御装置によると、ギヤ比可変機構によるトルク伝達を表した運動方程式に基づいて、ギヤ比可変機構の第2ステアリングシャフトに発生する操舵トルク  $T_p$ 、ギヤ比可変機構のモータ 32 m により発生するモータトルク  $T_{vm}$  およびモータ 32 m の回転角  $\theta_{vm}$  を用い、ステアリングホイールの操作により発生するハンドルトルク  $T_h$  を EPS\_ECU によるハンドルトルク演算処理 30 b により求める。これにより、車両運動制御装置がステアリングホイールとトルクセンサとの間にギヤ比可変機構が介在する構成を採っても、新たにトルクセンサ等を追加することなく、ハンドルトルク  $T_h$  を知ることができるので、ハンドルトルク  $T_h$  を ESP 制御処理 30 a に用いれば、部品点数の増加なく車両の運動制御性を向上できる。

【選択図】 図 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003470]

1. 変更年月日	1990年 8月24日
[変更理由]	新規登録
住 所	愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地
氏 名	豊田工機株式会社



出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0000000011]

1. 変更年月日	1990年 8月 8日
[変更理由]	新規登録
住 所	愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地
氏 名	アイシン精機株式会社

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [301065892]

1. 変更年月日	2001年10月 3日
[変更理由]	新規登録
住 所	愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地
氏 名	株式会社アドヴィックス

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003609]

1. 変更年月日 1990年 9月 6日

[変更理由] 新規登録

住 所 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1  
氏 名 株式会社豊田中央研究所